

5. Зеликин, С.И. Исследование кинетики разрушения материалов рентгенографическим методом / С.И. Зеликин, В.Н. Землянский, Р.П. Цивилев // Стекло и керамика. – 1979. – № 6. – С. 23–24.
6. Будников, П.П. Химия и технология строительных материалов и керамики. – М.: Стройиздат, 1965. – 608 с.
7. Boltryk, M. Optimalizacja ilości i składu granulometrycznego piasku oraz temperatury wypалу ceramiki ścienniej pod kątem wytrzymałości na ściskanie / M. Boltryk, V. Nikitin, B. Backiel-Brzozowska // Pol. Biul. Ceram. Ceram – Vol. 80. – 2003. – P. 587–592.
8. Zygadlo, M. Prognozowanie mrozoodporności ceramicznych materiałów budowlanych na podstawie ich właściwości kapilarnych / M. Zygadlo, Z. Piasta // Inżynieria i Budownictwo. – 1989. – № 2. – S. 56–57.
9. Nikitin, V. Prognozowanie mrozoodporności tworzyw ceramicznych na podstawie wskaźników kapilarnego podciągania wody / V. Nikitin, B. Backiel-Brzozowska // Pol. Biul. Ceram. Ceram – Vol. 103/2. – 2008. – S. 1023–1030.
10. Janz, M. Methods of measuring the moisture diffusivity at high moisture levels, Report TVBM-3076. Division of Building Materials, Lund Institute of Technology, University of Lund (in Swedish), 1997. – 73 p.
11. Nikitin, V. Wpływ parametrów procesu wypalania na wskaźniki podciągania kapilarnego wody w tworzywach ceramicznych / V. Nikitin, B. Backiel-Brzozowska, M. Boltryk // Pol. Biul. Ceram. Ceram. – 2005. – V. 91. – S. 1223–1230.
12. Jozwiak, J. Statystyka od podstaw / J. Jozwiak, J. Podgorski. – Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2001. – 549 s.
13. Роговой, М.И. Влияние технологических факторов на морозостойкость стеновой керамики / М.И. Роговой, О.И. Никитина // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1982. – № 9. – С. 76–79.

Материал поступил в редакцию 24.01.11

NIKITIN V.I., BACKIEL-BRZOZOWSKA BEATA Kinetics of destruction caused by cyclic freezing and thawing of specimens from ceramic bricks

Properties of the process of the compressive strength loss caused by cyclic freezing and thawing of specimens from ceramic bricks were explained based on experimental data. The ceramic bricks were formed from plastic clay in factory conditions, dried in laboratory condition and burned at the temperature of 850 and 1050°C. After 20 cycles of freezing and thawing specimens burned at 850°C were practically destroyed, while those burned at 1050°C preserved their compressive strength even up the 60th cyclic. The capillary properties of specimens were also evaluated. Based on that the difference between frost resistance of ceramic brick specimens from both series was explained.

УДК 624.15:725.4+539.3.01

Пойта П.С., Шведовский П.В., Невейков А.Н.

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ НА ХАРАКТЕР ИХ УПЛОТНЕНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ИЗ БЕТОНОВ НА НАПРЯГАЮЩИХ ЦЕМЕНТАХ

Введение. В буронабивных сваях, устраиваемых из бетонов на напрягающих цементах, за счет развития объемных деформаций, создается давление на грунт как минимум на порядок выше, чем из обычного тяжелого бетона. При этом несущая способность таких свайных фундаментов, с точки зрения энерго- и ресурсосбережения, определяется оптимизацией состава бетона, длиной и месторасположением зоны укладки напрягающего бетона и диаметра свай [1, 2].

Однако ранее приведенные нами исследования [2, 3] и полунатурные испытания свай в лабораторных пространственных лотках показывают, что как по глубине, так и в радиальном направлении характерна значительная неравномерность уплотнения грунтового массива вокруг буронабивной сваи. В песчаных грунтах уплотнение по глубине (ρ) колеблется в пределах от 1,65 до 1,98 г/см³ у стенок скважины и до 1,85 г/см³ в зоне трёх радиусов от стенок скважины, а глинистых – соответственно с 1,9 до 2,2 г/см³ и 1,9 до 2,1 г/см³.

Такие различия в формировании зон уплотнения указывают на специфику процессов, которая может быть связана с множеством факторов, основными из которых являются инженерно-геологические условия (структура грунта, его физические характеристики) способ устройства скважины (пневматическое, механическое и инъекционное расширение) и степень обжатия.

Как известно, формирование структуры и плотности грунтов в основном определяется степенью сохранения постоянного объема и степенью контакта между структурными элементами (частицами). Отсюда, только посредством анализа особенностей процесса уплотнения можно выявить оптимальные значения исходной плотности грунтов стройплощадки, обеспечивающие желаемые деформационно-прочностные свойства [4].

Следует отметить, что как грунты, так и грунтовые массивы являются классическими образцами стохастических природных фрагментальных объектов пористой структуры, для которых характерна одна принципиальная особенность – с ростом размеров их плотность убывает по степенному закону [5].

Методика исследований. Процесс уплотнения целесообразно разделить на три стадии с различными механизмами консолидации.

Для первой стадии процесса уплотнения характерна роль упругой разгрузки и нагрузки дисперсной системы. При этом нагрузка одних контактов сопровождается местной разгрузкой других, способствующей потере контакта между частицами, т.е. вероятность сохранения контактов меньше вероятности их образования.

Количественно это выражается следующим условием

$$\alpha = \theta^2 (\Delta\theta / \rho_0)^{\epsilon}, \quad (1)$$

где α – контактное сечение и $\alpha = E / E_k$; E – модуль упругости грунта, отнесенный к номинальной площади поперечного сечения; E_k – модуль упругости, отнесенный к критическому сечению α ; $\Delta\theta = \theta - \theta_0$; θ – относительная конечная плотность; θ_0 – относительная начальная плотность; $\rho_0 = 1 - \theta_0$; ϵ – показатель степени потерь контактов и $\epsilon > 1$.

Для второй стадии уплотнения характерна незначительная роль местной упругой разгрузки, перераспределение нагрузки реже нарушает контакты, при этом возможность образования, сохранения и потери контактов равновероятны, т.е. $\epsilon = 1$.

Пойта Петр Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций, ректор Брестского государственного технического университета.

Шведовский Петр Владимирович, кандидат технических наук, зав. кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Невейков Александр Николаевич, аспирант кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

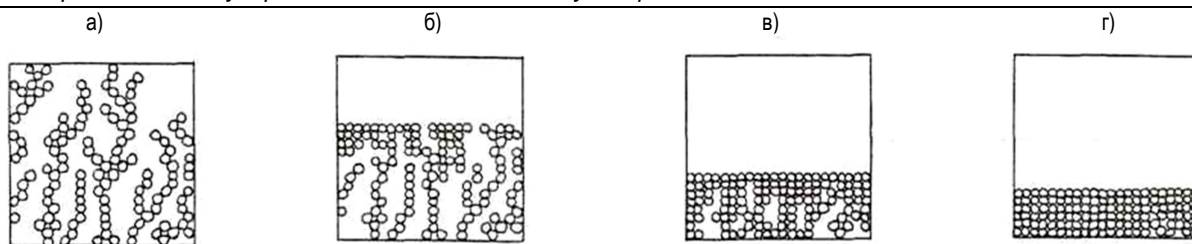


Рис. 1. Схема процесса переуплотнения частиц: а) начальное состояние с относительной плотностью $\theta = 0,11-0,45$ ($1,4-1,75$ г/см³); б) $\theta = 0,25-0,55$ ($1,8-2,00$ г/см³); в) $\theta = 0,55-0,85$ ($1,95-2,25$ г/см³); г) $\theta = 0,65-0,95$ ($2,2-2,6$ г/см³)

На третьей стадии уплотнения все контакты фиксируются, необратимая деформация теряет локальный характер и переходит в пластическую во всем объеме частиц, $\Delta\theta/\rho_0 \rightarrow 1$, а $\epsilon \rightarrow 0$, т.е. вероятность сохранения контактов приближается к единице.

Отметим, что согласно описанию процесса уплотнения неоднородных дисперсионных систем наиболее достоверно можно осуществить, используя теорию фракталов, т.к. структура может быть определена одним параметром – фрактальной размерностью [5]. При этом механизм уплотнения грунта позволяет охватить все три компонента деформации: упругую, пластическую и структурную межчастичную.

За основу нами приняты следующие виды структур: для песков (зернистая с кубической упаковкой сферических частиц по системе 20х80); для супесей (сложная по системе 40х80); суглинков (сотообразная по системе 80х80); глины (хлопьевидная по системе 100х100).

Принципиальная схема процесса уплотнения, с взаимным перераспределением и перестроением контактов представлена на рис. 1.

Для этих структур были определены зависимости фрактальной размерности D грунтовых массивов от относительной плотности для различных видов грунтов (рис. 2).

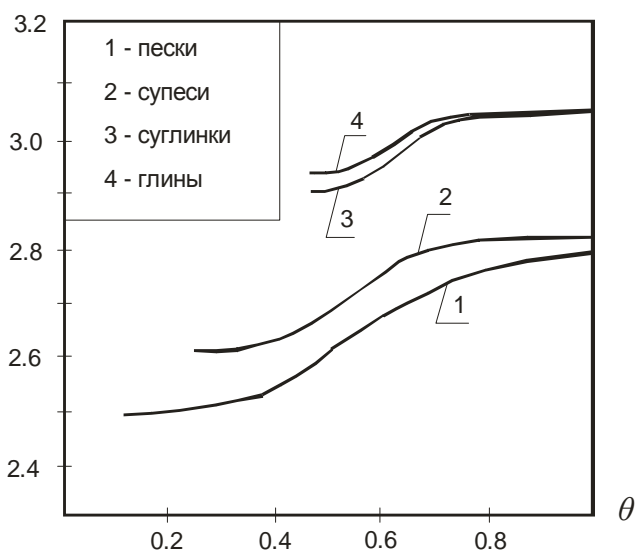


Рис. 2. Зависимость фрактальной размерности от относительной плотности грунтов

Так как однородная структура является предельным состоянием уплотняемых грунтов, то описание процесса уплотнения необходимо базировать не на уровне средних значений структурных характеристик, а на законах их распределения и в первую очередь на законах распределения плотности и давлений на грунт в зоне уплотнения.

Выделим на расстоянии x от границы зоны уплотнения один слой частиц, который содержит n частиц, и каждая из них имеет Z_i контактов с соседними частицами. Характеризуя площадки контактов вектором площади S_{ij} , модуль которого равен площади контактной площадки, а направление совпадает с направлением положительной нормали к ее плоскости, величина общей площади проекции всех контактных площадок для удерживающих контактов на плоскость,

перпендикулярную к направлению сил давления, может быть найдена по зависимости

$$S(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{Z_i} S_{ij} \cdot \cos \varphi_{ij} \quad (2)$$

Учитывая, что φ изменяется от 0 до $\pi/2$, осредняя по ориентациям площадок имеем:

$$S(x) = 2\pi \cdot Z \cdot S / n,$$

где S – средний размер площадки контакта; Z – среднее число опорных контактов одной частицы в расчетном слое.

Число частиц определим используя интегральный закон распределения относительной плотности во фрактальных кластерах [5, 6, 7]

$$\rho(x) = x^{D-d}, \quad (3)$$

где D – фрактальная размерность кластера; d – топологическая размерность пространства его расположения.

Переходя к конечным разностям и обозначив расчетный слой индексом k , имеем

$$n = S_n(\rho_k \cdot x_k - \rho_{k-1} \cdot x_{k-1}); \quad (4)$$

S_n – номинальная площадь сечения уплотняемого массива.

В соответствии с теорией численных методов для получения функции ρ_x по x второго порядка точности имеем [5, 8]

$$n = S_n(\rho_k \cdot x_k - \rho_{k-1} \cdot x_{k-1}) / 2. \quad (5)$$

Переходя от конечных разностей к непрерывной функции и продифференцировав выражение в скобках, получим:

$$n = S_n(D - d + 1) \cdot \rho, \quad (6)$$

и соответственно для локальной относительной плотности –

$$\theta(x) = (D - d) \cdot \rho. \quad (7)$$

Осуществляя соответствующую подстановку, находим

$$S(x) = 2Z_{\Sigma} \cdot F(x, D) / \pi, \quad (8)$$

где $F(x, D) = S \cdot [(D - d + 1) \cdot \rho]$, что и определяет расчетную среднюю величину площадки контакта

$$S = \pi \cdot \alpha(x) / 2Z_{\Sigma} \cdot S_n \cdot F(x, D), \quad (9)$$

где $\alpha(x) = S(x) / S_n$ – критическое контактное сечение зоны уплотнения.

Элементарное приращение среднего размера площадки контакта dS при изменении давления на dp равно

$$dS = (\pi / 2Z_{\Sigma}) d[\alpha(x) / F(x, D)]. \quad (10)$$

При этом величина деформаций грунта, обусловленная относительным сдвигом контактов и их нормальной деформацией, определяется зависимостью

$$dx = - \sum_{k=1}^{n_{\Sigma}} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{Z_i} (dw_i + dw_{i+1}) \cdot \cos \varphi_i + (du_i + du_{i-1}) \cdot \cos \tau_i / Z_i \right] / n \right\}, \quad (11)$$

где n_{Σ} – число слоёв частиц при радиусе зоны уплотнения x ;

dw – величина элементарных нормальных деформаций контактов частиц; du – величина элементарных относительных сдвигов контактов; τ – угол между направлением сдвига и направлением радиальных усилий от самонапряжения бетона.

С учетом осреднения по углам и другим параметрам суммирования имеем:

$$dx = -2n_{\Sigma}(2\delta + 2du) / \pi. \quad (12)$$

Обозначив $\lambda = 2du / d\delta$ с учетом, что $n_{\Sigma} = x / a$, где a – размер частиц, зависимость может быть представлена в виде

$$dx = -2(1 + \lambda) \cdot x \cdot 2\delta / a\pi. \quad (13)$$

Так как $d\delta = \beta \cdot dS$, т.е. приращение площадки контакта пропорционально величине сближения частиц, при этом коэффициент пропорциональности β равен сумме радиусов кривизны поверхностей частиц в начальной точке контакта, то можем записать

$$dS = -a\pi \cdot dx / 2\beta(1 + \lambda) \cdot x. \quad (14)$$

Решая совместно уравнения (13) и (14) с использованием замены переменных, получаем следующее дифференциальное уравнение

$$d[\alpha(x) / F(x, D)] = W(d - D) \cdot d\theta / \theta, \quad (15)$$

где $W = aZ_{\Sigma} / \beta(1 + \lambda)$, описывающие локальный деформационный механизм уплотнения грунта в зоне действия усилий от самонапряжения бетонов.

Интегрируя уравнение (15), имеем:

$$\alpha / F = W(d - D) \cdot \ln \theta + C. \quad (16)$$

И с учетом граничных начальных условий $\theta = \theta_0$, $D = D_0$, $\alpha = \alpha_0 > 0$ уравнение для постоянного интегрирования будет следующим [9, 10] –

$$C = \alpha_0 / F_0 - W(d - D) \cdot \ln \theta_0. \quad (17)$$

Из предельного состояния уплотняемого грунта следует, что при $\theta = \alpha = 1$, $D = d$ и $F = 1$ $C = 1$. Тогда соответственно при $\alpha_0 = 0$

$$\alpha(x) = \theta^2(x) [1 - (d - \theta) \ln \theta(x) / (d - D_0) \cdot \ln \theta_0(x)] \quad (18)$$

и среднее значение критического контактного сечения

$$\alpha = \theta^2 [1 - \ln \theta / \ln \theta_0]. \quad (19)$$

Используя закон сохранения массы грунта, имеем:

$$\theta \cdot h = \theta_0 \cdot h_0, \quad (20)$$

откуда $h = h_0 \cdot \theta_0 / \theta$ и с учетом соотношения –

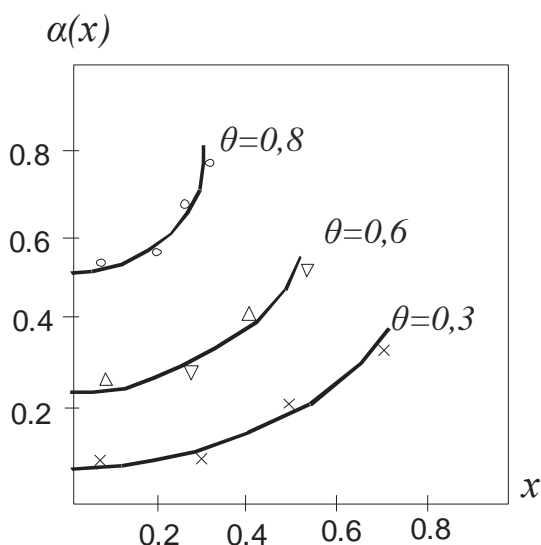
$$h_0 = \theta_0^{1/(D_0 - d)} \quad (21)$$

для любого момента уплотнения

$$D = d + 1 / [1 + \ln(\theta_0 / h_0) / \ln \theta]. \quad (22)$$

По вышеприведенному алгоритму были определены закономерности распределения критических контактных сечений (рис. 3а) и относительной плотности (рис. 3б) для определенных моментов уплотнения.

а)



б)

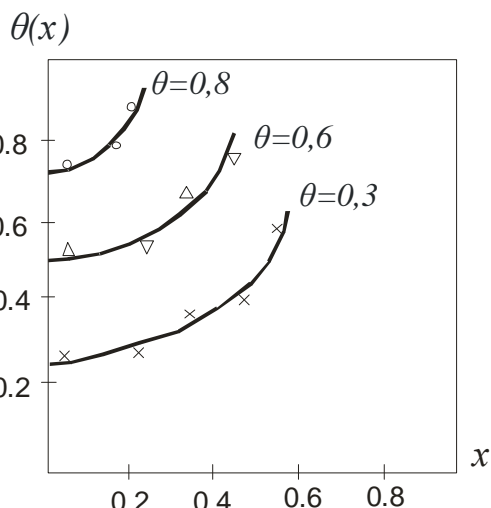
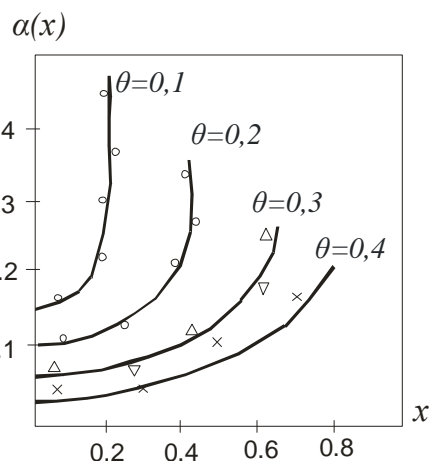


Рис. 3. Распределение критических контактных сечений (а) и относительной плотности грунтового массива на разных стадиях уплотнения при $\theta = 0,22$

Также была выявлена и зависимость среднего критического контактного сечения от относительной плотности и влияния начальной относительной плотности на распределение критического контактного сечения для случая относительного уплотнения $\theta = 0,5$, (рис. 4).

а)



б)

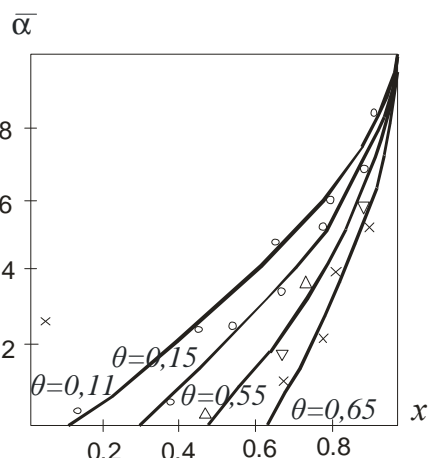


Рис. 4. Графики влияния начальной относительной плотности на распределение критического контактного сечения при $\theta = 0,5$ (а) и зависимости среднего критического контактного сечения от относительной плотности (б)

Анализ всех этих графиков позволяет сделать следующие выводы:

- на начальной стадии уплотнения характерна значительная неоднородность формируемой структуры, сильно сказывающаяся на распределении контактного сечения;
- увеличение начальной относительной плотности обеспечивает более однородную структуру грунта, что способствует уменьшению контактного сечения;
- решающее значение на процесс уплотнения имеет влияние флуктуаций структуры и соответственно плотности.

Учет флуктуаций плотности, обуславливающих неравномерность в распределении упругих свойств при неоднородности структуры, можно осуществить используя закон Гука, являющийся по структуре также фракталом, в виде

$$d\sigma = F(x)dx / x_0. \quad (23)$$

Так как критическое контактное давление уплотнения в дифференциальной форме может быть записано в виде

$$dp_c = (1 - \mu)d\sigma, \quad (24)$$

где μ – коэффициент межчастичного трения, то проведя соответствующие подстановки и преобразования, получаем

$$dp_c / p_c = \beta(1 - \mu) \cdot \alpha(x) \cdot E(x) \cdot dx / E_m \cdot x_0, \quad (25)$$

где β – коэффициент пропорциональности; E_m – модуль упругости грунта $\theta = 1$.

Интегрируя уравнение (25) с учётом условия $p_c = p / \alpha$, получим:

$$p(x) = C\alpha(x) \exp \left[\beta(1 - \mu) \int \alpha(x) \cdot E(x) \cdot dx / E_m \cdot x_0 \right]. \quad (26)$$

Соответственно для критических краевых условий при $p = p_k$, $\theta = \alpha_k = 1$, $E = E_m$ имеем:

$$p(x) = p_k \alpha(x) \exp \left\{ \varepsilon_k (1 - \mu) / p_k \cdot h_k \left[\int \alpha(x) \cdot E(x) \cdot dx - E_m \cdot x \right] \right\}. \quad (27)$$

Однако так как интеграл под экспонентой аналитически не вычислим, то распределение модулей упругости определено по уравнению:

$$E_x = E_m \cdot \alpha(x), \quad (28)$$

где $\alpha(x)$ – контактное сечение и

$$\alpha(x) = \theta^2(x) \cdot [1 - (d - D) \ln \theta(x) / (d - D_0) \ln \theta_0(x)], \quad (29)$$

E_m – модуль упругости минеральных частиц.

По полученному алгоритму были рассчитаны теоретические зависимости плотности грунта от величины давления $\theta = f(p / p_k)$ и модуля упругости от плотности $E / E_m = f(\theta)$ (рис. 5).

Не менее существенна и проблема выяснения особенностей формирования прочности грунта, что связано с необходимостью учета перераспределения напряжений по скелету системы. Условие равновесного состояния слоя частиц с координатой x под действием предельной разрушающей силы можно записать в виде [10, 11]

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^Z \sigma_{ij} \cdot S_{ij} (\cos \varphi_{ij} + \mu \cdot \cos \tau_{ij}), \quad (30)$$

где σ_{ij} – контактное давление; μ – коэффициент межчастичного трения.

Осредняя по ориентациям контактных площадок, числу контактов и частиц, получим

$$P_n(x) = [2(1 - \mu) \cdot S_n n_n(x) \cdot Z_n(x) / \pi] \cdot \sigma_n(x), \quad (31)$$

где S – площадь контакта, n – число частиц в расчётном слое, Z – число контактов, σ – контактное напряжение.

Учитывая соотношение площадей контактного сечения в предельном и исходном состоянии, т.е.

$$S_n(x) / S(x) = (1 - \varphi_c) \cdot \theta(x) \quad (32)$$

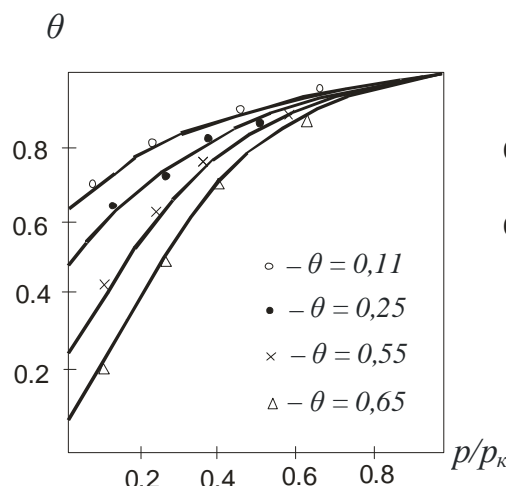
и введя предел прочности уплотнения, при соответствующем виде создания дополнительного давления, имеем:

$$\sigma(x) = \sigma_k \cdot \alpha(x) \cdot \theta(x), \quad (33)$$

где $\sigma_k = (1 - \mu) \cdot (1 - \varphi_c) \cdot \sigma_n(x)$.

На рис.6 приведены графики зависимости относительной прочности грунта от формируемой плотности и относительного давления.

а)



б)

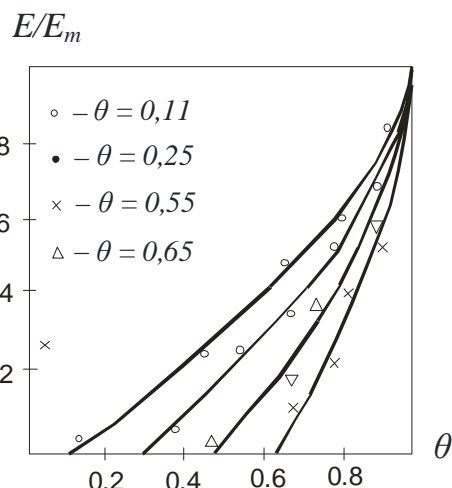


Рис. 5. Графики зависимости плотности грунта от давления (а) и модуля упругости от давления (б)

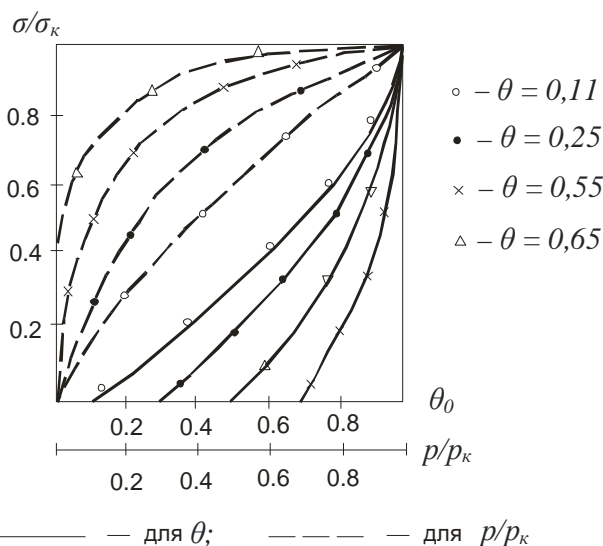


Рис. 6. Графики зависимости относительной прочности грунта от формируемой плотности θ и относительного давления p / p_k

Заключение

1. На начальных стадиях уплотнения прочность грунта возрастает незначительно, что обусловлено восприятием предельной нагрузки в целом не всей структурой, а только самым ослабленным контактным сечением.
2. Определяющими факторами процесса уплотнения являются оптимальная начальная плотность и флуктуация структуры.
3. Однородность структуры грунта в зоне уплотнения может быть достигнута увеличением начальной (исходной) плотности.
4. Оптимальная начальная относительная плотность, для соответствующих видов структур, должна быть в следующих пределах: зернистая – $\theta_z = 0,2 \div 0,25$; сложная $\theta_c = 0,3 \div 0,41$; сотовидная – $\theta_{cm} = 0,6 \div 0,69$; хлопьевидная – $\theta_x = 0,6 \div 0,72$, что соответствует следующим значениям плотности грунтов: $\rho_z = 1,69 \div 1,76 \text{ г/см}^3$; $\rho_c = 1,72 \div 1,76 \text{ г/см}^3$; $\rho_{cm} = 1,95 \div 2,08 \text{ г/см}^3$; $\rho_x = 1,98 \div 2,09 \text{ г/см}^3$.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пойта, П.С. Оптимизация зоны использования напрягающих бетонов в свайных фундаментах / П.С. Пойта, П.В. Шведовский, Д.Н. Клебанюк, Т.П. Шалобита // Вестник БрГТУ. – 2010. – №1(61): Строительство и архитектура. – С.116–119.
2. Пойта, П.С. Напряженно-деформированное состояние грунтового массива вокруг ствола буровой сваи / П.С. Пойта, Т.П. Шалобита, П.В. Шведовский // Вестник БрГТУ – №1: Строительство и архитектура. – 2008. – С. 26–28.

3. Пойта, П.С. Исследование особенностей уплотнения грунтового массива при устройстве свай, изготавливаемых в грунте / П.С. Пойта, А.Н. Невейков, П.В. Шведовский, Т.П. Шалобита // Вестник БрГТУ – №1: Строительство и архитектура. – 2009. – С. 24–27.
4. Драновский, А.Н. Предельное давление на стенки цилиндрической скважины // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М. – 2009. – № 4 – С. 22–24.
5. Кулак, М.И. Фрактальная механика материалов / М.И. Кулак. – Мн.: Выш. шк., 2002. – 304 с.
6. Лиштван, И.И. Фрактальные структуры торфяных систем / И.И. Лиштван, Б.А. Богатов, М.И. Кулак // Докл. АН СССР, 1991. – Т. 318, №2 – С. 426–430.
7. Лиштван, И.И. Влияние фрактальной неоднородности структуры на деформационно-прочностные свойства агрегатов торфяных систем / И.И. Лиштван, Б.А. Богатов, М.И. Кулак // Коллоидный журнал, 1998. – Т. 54, №4 – С.107–111.
8. Богатов, Б.А. Моделирование и оптимизация процессов брикетного производства. – М.: Недра, 1976. – 184 с.
9. Новиков, В.В. К определению эффективных модулей упругости неоднородных материалов. / В.В. Новиков // ПМТФ, 1985. – №5 – С. 146–153.
10. Бердичевский, В.Л. Вариационные принципы механики сплошной среды / В.Л.Бердичевский. – М.: Наука, 1983 – 250 с.
11. Хорошун, Л.П. К теории изотропного деформирования упругих тел со случайными неоднородностями // Прикладная механика, 1967. – Т.3., вып.9. – С. 14–19.

Материал поступил в редакцию 11.12.10

POYTA P.S., SHVEDOVSKIY P.V., NEVEYKOV A.N. Influence of natural density ground on character of their condensation at the device drillstuffed of piles from concrete on straining cements

In clause the mechanism of condensation ground and earth files from a position is considered, that they are classical samples stochastic natural fractal of objects of porous structure.

Is revealed, that the determining factors of process of condensation are optimum initial density and fluctuation of structure, thus the uniformity of structure of a ground in a zone of condensation can be achieved by increase of initial density.

Optimum initial relative density for their maximal condensation at the expense of development of volumetric deformations created by pressure of concrete on straining cement, depending on a kind and structure ground, should be in limits from 0,2 up to 0,72 (1,69–2,09 g/sm³).

УДК 624.15:624.131.29

Невейков А.Н., Пойта П.С., Шведовский П.В.

**ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ:
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ, ПРИМЕНЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Введение. Ограниченность свободной земли в черте города и высокая ее стоимость вынуждают город расти ввысь и уплотнять застройку. Это приводит к значительному росту нагрузок на фундаменты и основания зданий и сооружений. Эффективным решением данной проблемы является применение технологий, максимально использующих возможности грунтового основания. Наиболее экономичными для этого являются буронабивные сваи, изготавливаемые без защиты обсадными трубами и без применения глинистых растворов (сваи, выполняемые в завинчиваемых металлических трубах с самораскрывающимся нижним концом и теряемой пятой, в раскатанных скважинах и по технологии непрерывного проходного шнека, которые бетонируются под большим давлением и др. [1–3]). Широкое внедрение данных технологий объясняется жесткими экологическими, шумовыми и динамическими ограничениями, высокой скоростью выполнения работ. В процессе устройства таких свай происходит улучшение физико-механических свойств грунтов и соответственно повышение несущей способности.

В мировой практике буровые и буронабивные сваи, устанавливаемые непрерывным проходным шнеком с постоянным заполнением (continuous flight auger pile – CFA pile), устраиваемые в раскатанных скважинах (drilling displacement pile) и винтовые сваи (screw pile)

составляют 50% мирового рынка свай [2, 3]. В Беларуси же, наиболее распространены сваи, погружаемые в грунт в готовом виде (забивные). Объем свай, изготавливаемых на строительной площадке, сравнительно невелик, и составляет не более 15% от общего объема, причем большинство выполняется по устаревшей технологии, что объясняется отсутствием современных свайных технологий, которые только начинают внедряться [5, 6].

Особенности технологий изготовления буронабивных свай. Общими операциями по устройству **буронабивных винтовых свай (screw pile)** являются:

- вращательное погружение бурового инструмента со специальной секцией с теряемым наконечником, вытесняющей грунт в стороны без извлечения;
- установка в буровой инструмент каркаса и отделение бурового наконечника;
- извлечение бурового инструмента с одновременной подачей бетонной смеси;
- погружение в сформированную сваю (в случае необходимости) дополнительного короткого каркаса, для усиления оголовка сваи.